養液栽培之種類及其特點

呂　理　福*

一、養液栽培之意義

養液栽培（Nutriculture）就是使用含有植物生長所需之所有養料的培養液代替土壤培養植（作）物的栽培方法，又稱爲無土栽培（Soilless Culture），或水耕（Water Culture，或Hydroponics）。

二、養液栽培之分類

由於養液栽培仍在拓展中，很多種類尚未定形，因此學者間尚無一致的分類方式；但通常可依據其使用的介質（Medium）的種類，培養液之供給方式，空氣的補充方法，及根的支持材料等作如下的分類：

- 養液栽培
  - 固體介質栽培
    - 砂　耕
    - 礫　耕
    - 木屑耕
    - 岩綿耕
  - 液體介質栽培
    - 環流式
    - 液面升降式
    - 等量交換式
    - M　式
    - NFT　式
  - 噴霧栽培

三、養液栽培的主要種類簡介

㈠固體介質栽培

此種類型的養液栽培，其共同的特點是都使用具有固定形狀的介質，如石礫、砂粒、燻炭、岩綿、蛇木屑、鋸屑、蛭石等。其使用石礫者稱礫耕，使用砂粒者稱砂耕，依此類推。培養液的供排方式有兩大類，一爲密閉循環式，一爲開放噴洒式，或點滴式，茲以礫耕、砂耕及岩綿耕爲例說明如下：

1.礫耕(Gravel Culture)

㈠設施

(1)栽培床

如圖1及圖2，栽培床可用混凝土或塑膠布及木板等材料製成，亦可利用空心磚作栽培床的框。

* 桃園農校

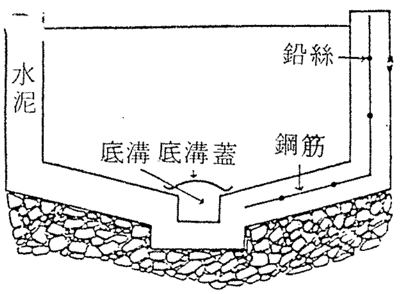


圖1　鋼筋水泥床

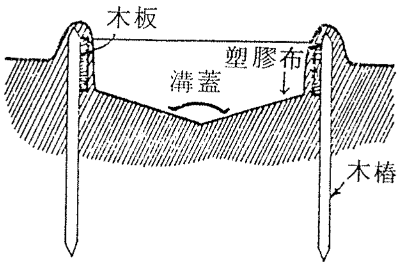


圖2　板框塑膠床

(2)石礫

大小以直徑5～10mm爲宜，應選擇化學性質較穩定者，使用前應清洗乾淨。

(3)養液槽

如爲混凝土製應塗以瀝青，其大小至少要達石礫容積的百分之五十。

(4)自動化供液系統

使用抽水機及定時計之組合達成供液之自動化。

(乙)養液之供應方式

養液之供應只在白天進行，給液時間40～60分鐘，給液次數以夏天5次，冬天3次爲準，夜間停止供液，養液槽置於下位（圖3）。

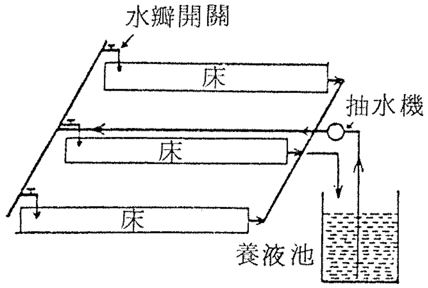


圖3　養液之供應方式

(丙)礫耕之優缺點

(1)優點

①對於養液成分變化之緩衝性較水耕爲大。

②根部之通氣良好。

③可以完全自動化。

(2)缺點

①根羣周圍的養液濃度變化較大，礫面常有肥料的沉澱，故養液的濃度較難確實計量。

②殘根不易清除，且常堆積在排液溝中。

③石礫表層常沉積不利根生長之有害物質。

2.砂耕(Sand Culture)

(甲)設施

(1)栽培床

如圖4所示，用木板或空心磚等做床框，並舖以塑膠布則成，床底兩側向中央傾斜，中間最低處置一排水管以利排水。

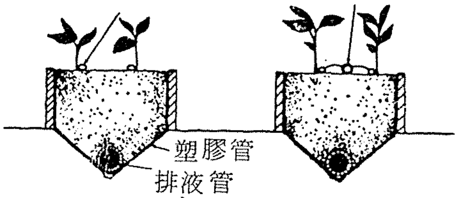


圖4　砂耕床

(2)砂

以粒徑0.75～1.5mm的黑砂爲佳，可用0.8mm孔目的篩篩除砂中之微粒。如爲海砂，宜用清水充分沖洗乾淨。

(3)供液系統

由抽水機及動力噴洒系統組成。

(乙)培養液之供給

養液以NPK爲主要成分；施肥及供水多採噴洒式或點滴式（圖4），每週需澆1～2次；給液時，以使用養液（或水）全量之8～10％被排出爲度。

(丙)砂耕之優缺點

(1)優點

①由於採開放循環系，養液並不循環，病原較不易擴散。

②由於粒子較小，水可藉毛細管現象作水平方向之移動。

③由於根羣可橫向伸長，根羣較少擁塞於排泄管中。

④由於粒子小，較易保水，給液次數較礫耕爲少。

⑤施工費用較礫耕少。

(2)缺點

①每一期作後必需用蒸氣或藥劑予以消毒。

②點滴裝置常因發生沉澱而招致阻塞現象。

③在栽培的過程中常會發生塩類的累積現象，有礙根羣之發育。

其他固形介質栽培中與砂耕相類似的有木屑耕、碎石耕、燻炭耕等。

3.岩綿(Rockwool)耕

(甲)栽培裝置

(1)栽培床

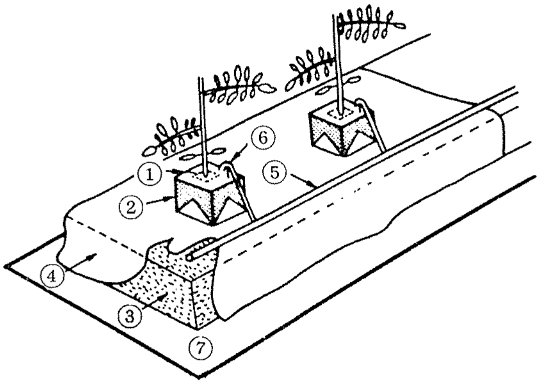
栽培床的主體就是岩綿板，通常使用塑膠布包被，以免被污染及曝光，其規格適

常是 30 *cm*（寬）× 7.5 *cm*（高）× 91 *cm*（長），床並未加框（圖 5）。

(2)育苗岩綿塊

小塊（10 *cm* × 10 *cm* × 10 *cm*）岩綿，用於播種，苗移植時，直接種植在定植板上（圖 5）。

(3)供液管，有主管及鬚管兩部分（圖 5）。



①播種用墊。
②岩綿小塊（側面包以黑膠布）。
③定植岩綿板。
④塑膠布。
⑤供液管。
⑥鬚根狀管。
⑦塑膠布。

圖 5　岩綿栽培之裝置

(乙) 培養液之供排方式

培養液之供應通常係利用電極法或重量法來控制。電極法就是利用流出之廢液達到某一定量時將信息傳遞電磁瓣（圖 6）。從而間斷性切斷電源開關（off）。重量法則係以流出廢液之重量來控制電源，又可分爲直接把定植岩綿板置於磅秤計量，以及以排液重量控制電源等兩種方式，此外，還有從日照預測作物之蒸發量及吸水量以及室溫等因素來決定供液量及其供應間隔。以電極法而言，通常其由承盤孔隙流出之廢液量以達全量之 5 %～10 % 爲宜。

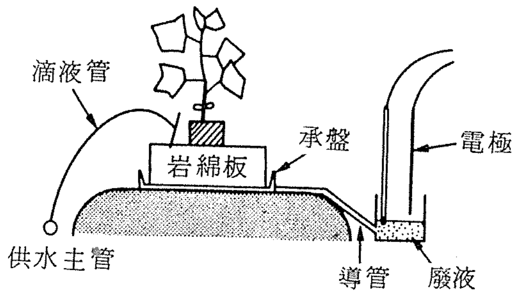


圖 6　岩綿栽培之供液電極控制法裝置

(丙) 岩綿栽培之特點

(1)栽培床因不需加框，可以簡化。

(2)介質含有充足的水分及空氣。

(3)由於經常在濕水情況下，生長良好，故可避免因養液循環而引起疾病。

(4)如能控制水分，可以調節植物之生長。

㈡液體介質栽培（水耕）

液體介質栽培係將植物的根羣以一些不同的方式直接浸於培養液中的無土栽培方式，方式很多；玆就其較普遍的類型簡介如下：

1.環流式

環流式水耕的特點是，將所需肥料塩類依照配方將其溶解於培養液槽中而成爲培養液，然後用抽水機將培養液抽入栽培床中，並留存定量的培養液於床中，俾使其保持湛水狀態。屬於這一類型的也不少，今以日本之久保田式水耕組合及協和Hyponica 爲例說明如下：

(1)久保田式水耕組合

(甲) 栽培裝置

(A)栽培床：可以分爲蔬菜專用的1號型，及果菜專用的2號型兩個類型（圖7、8）。

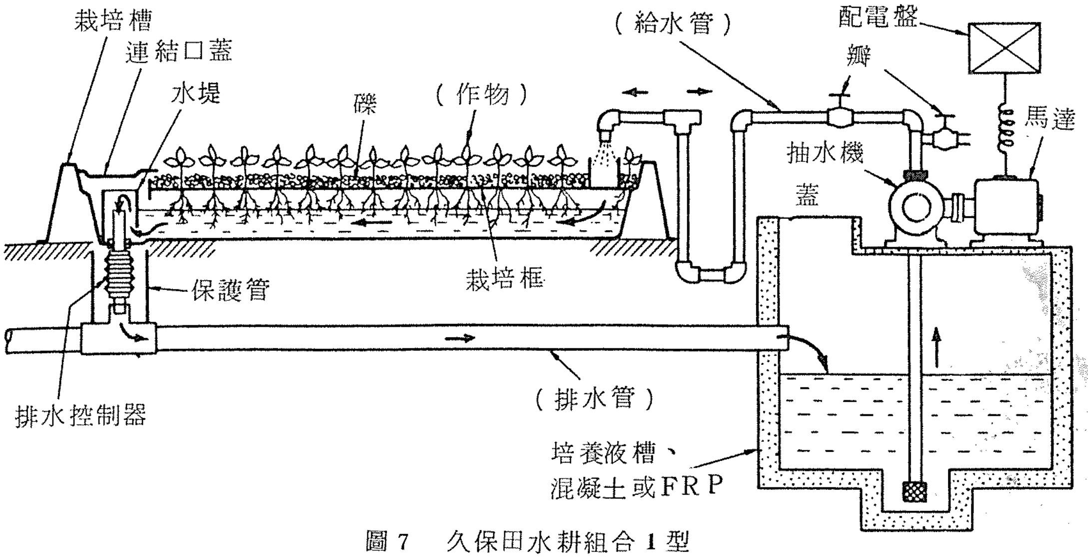


圖7 久保田水耕組合1型

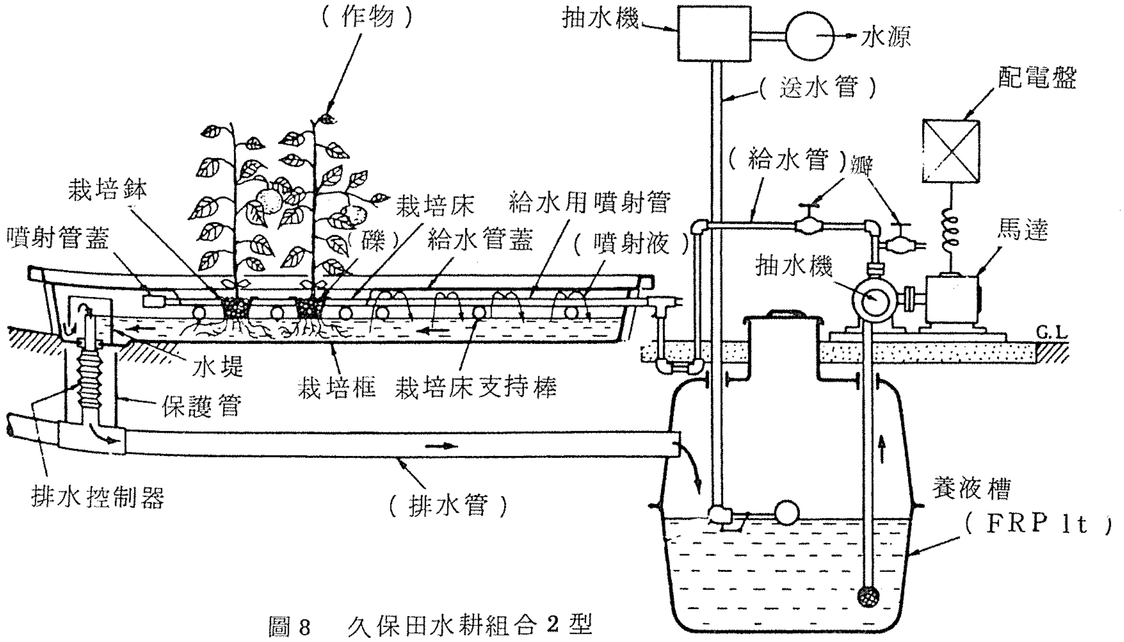


圖8 久保田水耕組合2型

(B)培養液槽：混凝土製，或FRP製。（圖7、8）

(C)供排液系統：由抽水機、配管、配電盤、噴射管蓋、及排水（液）控制器等所組成。

(D)栽培床及栽培板：1號型之栽培板係置於栽培槽之上（圖9、10）。

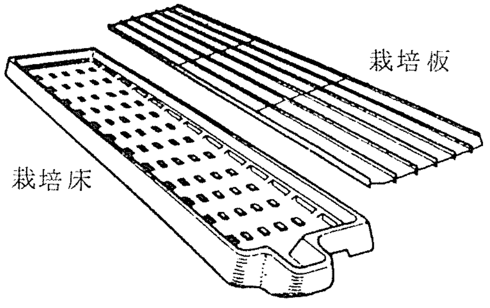


圖9　1號型栽培床

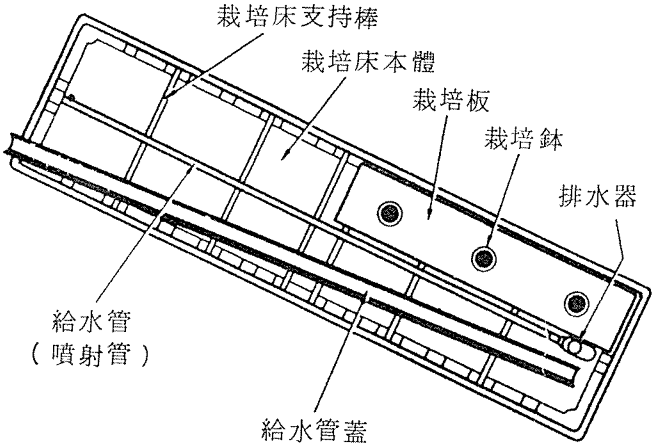


圖10　2號型栽培床

(乙) 供排液系統

1號型組合之給液方式係採用在排水處相反的一端向下沖的方式，係單向循環，水中有充分之溶氧量，2型之栽培槽內縱走具噴射孔（間隔15cm）的供液管，噴液噴出後被管蓋擋下，利於補充氧氣。

(丙) 久保田式水耕組合的特點

(A)爲一種湛水循環式水耕。

(B)以環流，下衝或噴射式供應提高養液之溶氧量。

(C)只用少量石礫支持植物體。

(D)栽培床中培養液之液位可靈活調節。

(2)協和Hyponica(水氣耕)

有果菜D型及葉菜I型兩類，今分述如下：

(A)果菜D型

(a)栽培器材

①定植板：爲泡沫塑膠製品，有放置栽培鉢的孔。

②栽培床：爲ABS樹脂製，具耐久性，寬65公分，長36公分，高7公分。

③水位（排液）調節器：可配合作物之生長靈活調節水位。

④空氣混入器：用以提高每一床培養液中之溶氧量。

⑤栽培鉢：育苗用，根可由底部孔伸出。

⑥介質：特殊的氨基甲酸乙脂（Urethan）製品。

⑦液肥溫度調節裝置：可保持最適宜的培養液溫度。

(b)生長控制系統

①供液系：控制盤內設定適合於種植作物之適當供液量，只要壓下開關，抽水馬達就可自動運轉。

②溫度控制系：可控制培養液的溫度。

③育苗用抽水機：只用於果菜型。

④自動追肥系：爲培養液之自動管制中心，亦可測定液量或調整 pH 值，並可自動追肥。

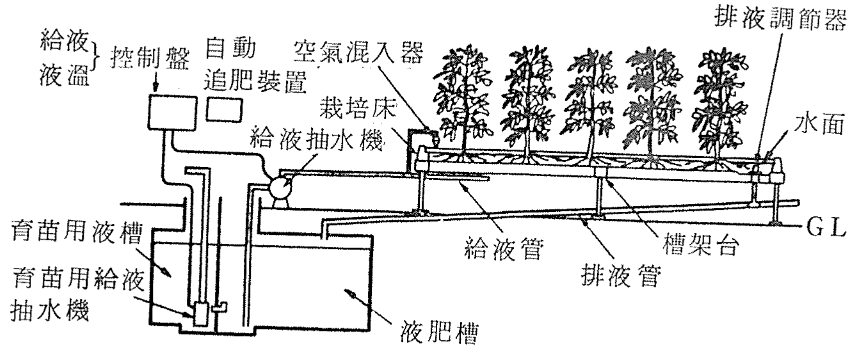


圖 11　協和Hyponica果菜D型

(B)葉菜I型

(a)栽培器材

①發芽盤。

②定植板。

③液肥槽，液肥調溫裝置等與果菜D型相同。

(b)生長控制系統

除育苗用抽水機缺如外，其餘相同。

協和Hyponica水耕法曾經因在日本筑波科學萬博“85”中展示結果一萬數千個的“巨樹番茄”而名噪一時，其特點有：設備費較低，具有高效能的自動化系統，操作簡便以及可提供良好的植物生長環境等。

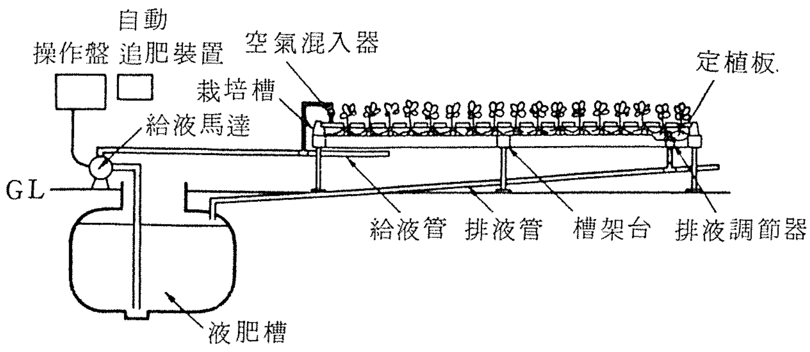


圖 12　協和Hyponica 葉菜 I 型

(3)日本的M式水耕組合

(甲)栽培裝置

(A)栽培床：爲泡沫塑膠板所製成（圖 13），板厚 3 cm。規格爲 61 cm× 120 cm× 17 cm，可以自由組合。床內舖有塑膠布。

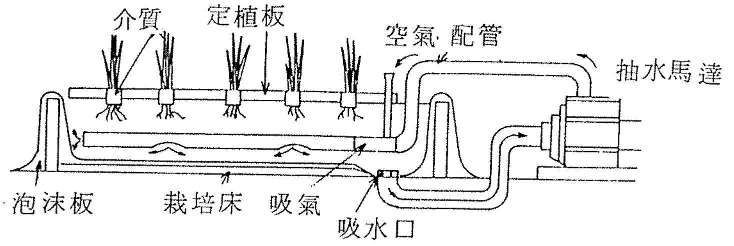


圖 13　M式水耕組合

(B)定植板：泡沫塑膠板製，開有定植孔。

(C)養液循環系統：包括抽水馬達、配管、及液流吸氣管（圖 14）等。

(D)自動控制系統：可配合作物生長之不同階段調節肥料濃度、pH值、液溫、抽水馬達之運轉、室溫、濕度、CO_2 濃度及光線等。

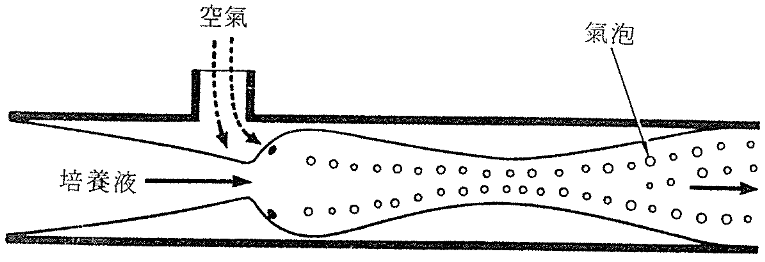


圖 14　液流吸氣管

(乙)M式水耕的特點

(A)由於栽培床及定植板均爲泡沫塑膠板製，因此有隔熱的功效。

(B)由於使用液流吸氣管，藉循環過程中吸入空氣，故不需使用培養液槽，設施費可節省很多。

(C)根基部的環境相當安定，較少發生病害及生理障害。

(4)NFT水耕栽培

NFT 水耕組合係英國所開發，其全名稱爲Nutrient Film Technique，是一種以流動的培養液來栽培作物的一種水耕法，不需要儲存培養液，只要有讓培養液流下的“液溝”則可。

(甲)栽培裝置（圖15）

(A)培養液槽：構成培養液槽的素材，如爲 $3m^3$，使用FRP（合成樹脂），如爲 $10m^3$，可使用混凝土製作。

(B)栽培管槽：管槽的構造因所栽培作物種類而異，但通常其基本的平面斜度爲1／80～1／60，寬度10㎝（葉菜類）～30㎝（果菜類），長度爲20m～30m。

(C)供水裝置：應裝置浮球瓣，俾隨時補充失去之水量使培養液保持一定的量。

(D)供液裝置：係將養液槽中的養料抽往管槽的裝置，抽取的培養液並非全量灌進管槽，而是其中一小部分直接還留槽內，藉以攪拌培養液。

(乙)NFT水耕栽培的特點

(A)設施構造簡單，生產者亦可自製。

(B)由於培養液在管槽中時常在流動中，根羣可在養液中吸收氧氣，此外，一部分之根羣由於露出空中，亦可由空中直接吸收氧氣。

(C)由於培養液之量較少，緩衝性較小，故應特別注意培養液之穩定。

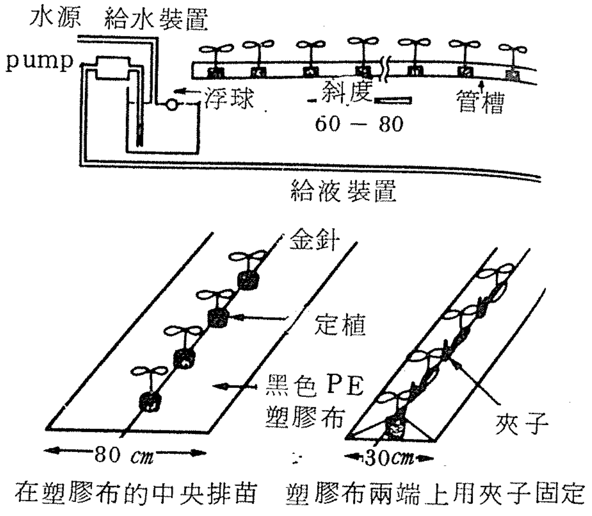
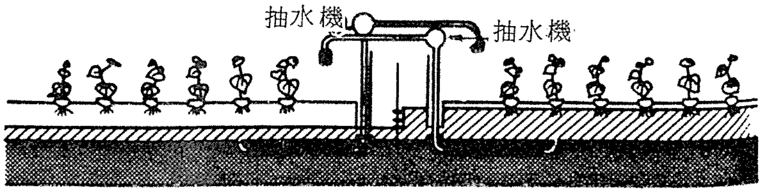


圖15　NFT之基本構造

(5)日本之新和式等量交換水耕裝置

如圖16所示，等量交換式之水耕就是在左右對稱設置的兩個床中間置一交換槽，並以兩部抽水機交互供液的水耕方式。以圖16為例，A床的養液被抽到B床，B床乃充滿養液，此時A床幾近虛空，作物的根暴露於空中，其吸氣量較在水中多出2～3倍，接着，在抽水機停止運轉時，由於交換槽的連絡孔係開啓狀態，因此，養液乃經由此孔回流A床，亦即在兩床之養液尚未達到平衡前，液流不會停止，有助於根的吸收作用，然後第二個抽水機開始運轉，如此，週而復始。



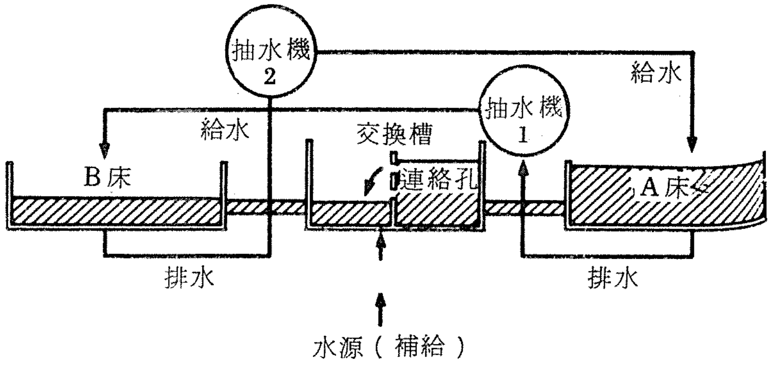


圖 16　上，新和式等量交換水耕裝置略圖
下，培養液之流動示意圖

(6)升降式水耕栽培法

昇降式水耕法的重要特點是，養液的供應採取間歇式的液面升降，使根羣在液面降下時充分獲得氧氣的供應，而在根羣未乾之前液面又上昇以獲得養液的滋潤，可避免裝置其他供氣設備。本栽培法為作者與呂理組在台中高農所開發，實驗結果情形良好，頗值推廣（圖17）。

(甲)設施

①栽培床：以木板、磚或水泥柱等做框，襯以紅泥布則可，規格為寬約95公分、長不要超過30公尺。

②栽培盤：可訂製，本物採用市售的塑膠質曬物盤，其規格為 90 × 90 × 6 *cm*，根可由盤孔下伸。

③養液槽：儲存養液，其大小視栽培床之總體積而定。

④抽水機及配管。

⑤自動灌溉裝置。

⑥播種杯。

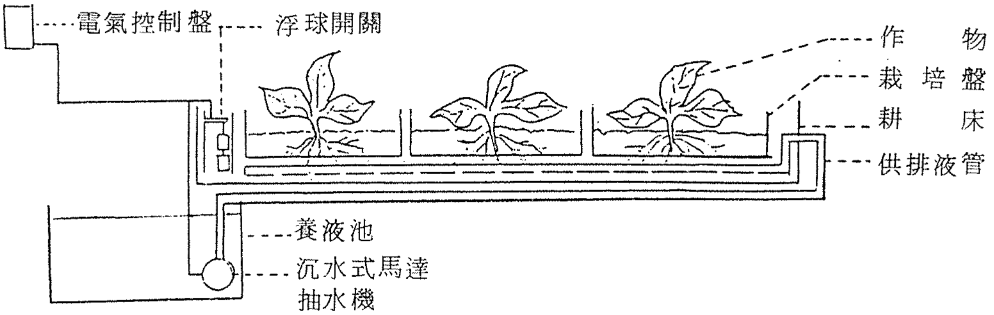


圖 17　升降式水耕栽培裝置

(乙)栽培步驟：

①播種：先將經處理好的蛇木屑置於播種杯或栽培盤中。果菜類可利用播種杯或岩綿（Rockwool）播種；葉菜類則可直接撒播於栽培盤中，播後應覆蓋（見前）。

②移植：將適齡的幼苗連同播種杯（或岩綿）移入於栽培盤中，再把栽培盤置於栽培床中（如爲直接撒播於栽培盤中則不需移植）。

(丙)養液之配製：（見前）。

(丁)管理：

①供液次數之調節：視當季之氣象情況及作物之生長情形可靈活調節養液之供應次數（即液面昇降之次數），在一般情況下，每天供液三次，供液時間 15 分鐘。

②水位之控制：液面位置應隨作物之生長而逐漸調低。

③pH值之控制：應隨時控制在微酸性之範圍（pH 6－6.8）。

㈢噴霧栽培

如圖18所示，將培養液裝入栽培床之下半部，植物的根羣下垂，先端之一部分浸入培養液中，本法的最大特點就是把培養液噴在露出空中的根羣的上半部。

噴霧栽培的裝置除圖18所示者外，還有培養液槽，抽水機將槽中之培養液抽揚，經由噴霧管的噴頭噴灑於根羣，噴灑時間可由定時計控制。

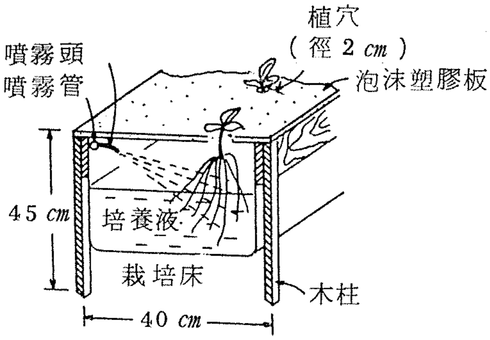


圖 18　噴霧栽培

照片 1. 教學示範用水耕裝置
（循環升降型，台中高農）

照片 2. 礫耕農場
（固定式水泥床，龍潭農工）

照片 3. 水耕實習（台中高農）

照片 4. 屋頂礫耕農場（桃園）

照片 5. 屋頂礫耕農場（龍潭農工）

照片 6. 採收水耕蔬菜（台中高農）

照片 7. 耕床內部構造，掀起者為定植板